

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-20418

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)1月24日

G 01 J 1/44

A-7706-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 光検出装置

⑯ 特 願 昭62-176763

⑰ 出 願 昭62(1987)7月15日

⑱ 発 明 者 寺 田 由 孝 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

⑲ 発 明 者 京 増 幹 雄 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

⑳ 出 願 人 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市市野町1126番地の1

㉑ 代 理 人 弁理士 植本 雅治

明 出 願 審 査

1. 発明の名称

光検出装置

2. 特許請求の範囲

1) 第1の光電変換素子と、第1の光電変換素子からの光電流を電圧に変換して増倍する第1の電流-電圧変換増幅手段と、第2の光電変換素子と、前記第1の電流-電圧変換増幅手段の周波数帯域幅よりも狭い帯域幅をもち第2の光電変換素子からの低周波の光電流に反応しこれを電流に変換して増幅する第2の電流-電圧変換増幅手段と、第2の電流-電圧変換増幅手段からの出力電圧を所定の利得で電流に変換して前記第1の電流-電圧変換増幅手段の入力端に加える電圧-電流変換増幅手段とを備え、前記電圧-電流変換増幅手段からの電流は、前記第1の光電変換素子からの光電流を相殺する方向に前記第1の電流-電圧変換増幅手段の入力端に流入するようになっているこ

とを特徴とする光検出装置。

2) 前記第2の光電変換素子は、前記第1の光電変換素子の受光面積よりも小さな受光面積をもち、前記第2の電流-電圧変換増幅手段と前記電圧-電流変換手段とによる利得は、前記第1および第2の光電変換素子の受光面積比とほぼ同じに設定されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の光検出装置。

3) 前記第2の光電変換素子に入射する光量に対する前記第2の電流-電圧変換増幅手段のダイナミックレンジは、前記電圧-電流変換手段から前記第1の電流-電圧変換増幅手段の入力端に電流が流入しないとしたときの前記第1の光電変換素子に入射する光量に対する前記第1の電流-電圧変換増幅手段のダイナミックレンジよりも小さくなっていることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の光検出装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、フォトダイオードなどの光電変換素子によって光電変換された光電流のうち信号光によるもののみを増幅して出力する光検出装置に関する。

〔従来の技術〕

一般に、フォトダイオードなどの光電変換素子と光電変換素子によって光電変換された光電流を電流・電圧変換して増幅する増幅器とからなる光検出装置では、検出されるべき信号光と同時に、太陽光などの外乱光が光電変換素子に入射する場合に、信号光による光電流のみを増幅して出力する必要がある。

特に信号光が交流変調光あるいはパルス変調光であり、外乱光が直流光あるいは信号光の周波数よりかなり低い周波数の光である場合には、増幅回路において、光電変換された光電流から直流成分および低周波数成分を取除くことで、信号光による光電流のみを抽出して出力することができ

る。タ62と、ローパスフィルタ62からの直流電圧成分および低周波電圧成分を電流・電圧変換して増幅器51に負帰還入力させる増幅器63とを備えている。

第4図の電圧検出装置では、増幅器51からの外乱光による直流電圧成分および低周波電圧成分は、ローパスフィルタ62、増幅器63を介して増幅器51に負帰還入力するので、これにより増幅器51の出力電圧から外乱光による直流電圧成分、低周波電圧成分を取除くことができる。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら第3図の光検出装置では、増幅器51からは信号光による交流電圧成分と外乱光による直流電圧成分、低周波電圧成分との両方が出力され、しかる後結合コンデンサ52によって直流電圧成分、低周波電圧成分を取除いているので、外乱光の光量が多い場合には増幅器51にはそのダイナミックレンジ以上の光電流が加わることで、増幅器51の出力特性が飽和し、その出力中に含まれる信号光による交流電圧成分が消失す

る。

第3図および第4図はこの種の従来の光検出装置の構成図である。

第3図の光検出装置は、フォトダイオードなどの光電変換素子50と、光電変換素子50によって光電変換された光電流を電流電圧変換し増幅する増幅器51と、増幅器51の出力端子に直列に接続されている結合コンデンサ52とを備えている。

第3図の構成の光検出装置では、増幅器51からの信号光による交流電圧成分と外乱光による直流電圧成分、低周波電圧成分とが結合コンデンサ52に入力するが、結合コンデンサ52は、信号光による交流電圧成分だけを通過させ出力するので、外乱光による電圧成分を取除くことができる。

また第4図の電圧検出装置は、光電変換素子50と、光電変換素子50によって光電変換された光電流を電流電圧変換し増幅する増幅器51と、増幅器51からの出力電圧のうち直流電圧成分および低周波電圧成分を通過させるローパスフィル

タ62と、ローパスフィルタ62からの直流電圧成分および低周波電圧成分を電流・電圧変換して増幅器51に負帰還入力させる増幅器63とを備えている。という事態が生ずる。このために、増幅器51の入力電流のダイナミックレンジをゲインに対して相対的に大きくとる必要がある。換言すれば、増幅器51の出力ダイナミックレンジに対し、ゲインを小さくしておく必要がある。しかしながら、増幅器51のゲインを小さくすると、外乱光の光量が多い場合に増幅器51の出力特性が飽和するという事態を防止できるものの、信号光による交流電圧成分に対するゲインも小さくなるので、感度を良くするためには増幅器51の後段でこれをさらに増幅しなければならないという問題がある。

また第4図の光検出装置では、増幅器51の入力に直流電圧成分および低周波電圧成分が負帰還されるので、増幅器51の入力は実質的に信号光による交流電圧成分だけとなる。これにより、外乱光の光量が多い場合でも、増幅器51が飽和することなく、増幅器51のゲインを小さくせずとも外乱光に対してダイナミックレンジを大きくとることができる。しかしながら第4図の光検出装置では、負帰還を行なうためのローパスフィル

タ62に大容量のコンデンサが必要であり、さらには負帰還を行なうことで回路を常に安定して動作させることが難しいなどの問題があった。

本発明は、光電変換素子によって光電変換された光電流のうち信号光によるもののみを安定した状態で、高感度に出力することの可能な光検出装置を提供することを目的としている。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は、第1の光電変換素子と、第1の光電変換素子と、第1の光電変換素子からの光電流を電圧に変換して増幅する第1の電流・電圧変換増幅手段と、第2の光電変換素子と、前記第1の電流・電圧変換増幅手段の周波数帯域幅よりも狭い帯域幅をもち第2の光電変換素子からの低周波の光電流に匹敵しこれを電流に変換して増幅する第2の電流・電圧変換増幅手段と、第2の電流・電圧変換増幅手段からの出力電圧を所定の利得で電圧に変換して前記第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に加える電圧・電流変換増幅手段とを備え、前記電圧・電流変換増幅手段からの電流は、

される電圧は、第2の光電変換素子に入射する光のうち、外乱光によるものだけとなり、これが電圧・電流変換増幅手段を介して第1の電流・電圧変換増幅手段に第1の光電変換素子からの光電流を相殺する方向に流入する。これにより、第1の電流・電圧変換増幅手段に流入する光電流のうち外乱光による直流電圧成分、低周波成分を減少させ、第1の電流・電圧変換増幅手段の利得を小さく設定せずとも、第1の電流・電圧変換増幅手段から信号光による交流成分を高感度良く出力させることができる。

なお、第2の光電変換素子の受光面積を第1の光電変換素子の受光面積よりも小さくし、第2の電流・電圧変換増幅手段と電圧・電流変換増幅手段とによる利得を第1および第2の光電変換素子の受光面積比とはほぼ同じに設定すると、第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端において外乱光による直流成分、低周波成分は完全に相殺されるので、信号光による交流成分を一層高感度良く出力させることができる。また、第2の光電変換素子に入射

前記第1の光電変換素子からの光電流を相殺する方向に前記第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に流入するようになっていることを特徴とする光検出装置によって、上記従来技術の問題点を改善するものである。

〔作用〕

本発明では、入射した光により第1の光電変換素子から出力される光電流を第1の電流・電圧変換増幅手段によって電圧に変換し増幅して出力するようになっている。ところで本発明では、さらに第2の光電変換素子と、第2の光電変換素子からの光電流を電圧に変換して増幅する第2の電流・電圧変換増幅手段と、第2の電流・電圧変換増幅手段からの出力電圧を電流に変換して第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に加える電圧・電流変換増幅手段とを備えている。この第2の電流・電圧変換増幅手段は、第1電流・電圧変換増幅手段の周波数帯域幅よりも狭い帯域幅をもち、第2の光電変換素子からの低周波の光電流だけに匹敵するので、第2の電流・電圧変換増幅手段から出力

する光量に対する第2の電流・電圧変換増幅手段のゲインレンジを第1の光電変換素子に入射する光量に対する第1の電流・電圧変換増幅手段のゲインレンジよりも大きく設定することにより、強い外乱光の場合にも、第1の電流・電圧変換増幅手段を何ら飽和させずに、信号光による交流成分だけを感度良くかつ精度良く出力させることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第1図は本発明に係る光検出装置の実施例の構成図である。

第1図の光検出装置は、2つの光電変換素子1、2と、光電変換素子1、2によって光電変換された光電流をそれぞれ電圧に変換する電流・電圧変換増幅手段3、4と、電流・電圧変換増幅手段4の出力端と電流・電圧変換増幅手段3の入力端とを接続する抵抗5とを備えている。

光電変換素子1、2は、それぞれフォトダイオ

ードからなっており、光電変換素子1、2の受光面積をそれぞれA、Bとすると、受光面積A、Bが、

$$A/B > 1 \quad \dots\dots(1)$$

の関係を満たすように構成されている。

また電流-電圧変換増幅手段3は、高ゲインの反転増幅器6と、反転増幅器6の出力をその入力側に帰還させる帰還抵抗7とからなっており、電流-電圧変換増幅手段4は、高ゲインの反転増幅器8と、反転増幅器6の出力をその入力側に帰還させる帰還抵抗9および帰還容量10とからなっている。電流-電圧変換増幅手段3、4における直流の電流-電圧変換利得すなわちゲインは、それぞれ帰還抵抗7、9の抵抗値 R_{f1} 、 R_{f2} によって決定される。すなわち電流-電圧変換増幅手段3、4のゲインはそれぞれ、 R_{f1} 、 R_{f2} となる。また、電流-電圧変換増幅手段4は、帰還容量10を有しているが、この帰還容量10の容量値 C_f によって、電流-電圧変換増幅手段4のカッ

トオフ周波数 f_0 は、

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C_f R_{f2}} \quad \dots\dots(2)$$

となり、第2図に示すように、電流-電圧変換増幅手段4の帯域幅 f_2 は、電流-電圧変換増幅手段3の帯域幅 f_1 よりもかなり小さくなっている。

電流-電圧変換増幅手段4の出力端と電流-電圧変換増幅手段3の入力端とを接続する抵抗5は、電流-電圧変換増幅手段4からの出力電圧を電流に変換して電流-電圧変換増幅手段3の入力に加えるためのものであり、電圧-電流変換器として機能する。なおこの抵抗5の抵抗値を R_c とすると、この抵抗5による電圧-電流変換利得は、 $1/R_c$ となる。

このような構成の光検出装置では、光電変換素子1、2に同じ光量の光すなわち外乱光を含んだ信号光を同時に入射させると、光電変換素子1、2には光電流 I_1 、 I_2 がそれぞれ流れる。光電変換素子1、2の受光面積A、Bは、前述の(1)

式の関係のようになっているので、光電流 I_1 、 I_2 間には、kを定数として、

$$I_1 = k \cdot I_2 \quad \dots\dots(3)$$

の関係が成立する。光電流 I_2 が電流-電圧変換増幅手段4に加わると、電流-電圧変換増幅手段4の出力電圧 V_{02} は、

$$V_{02} = -I_2 \cdot R_{f2} = -I_1 \cdot R_{f2}/k \quad \dots\dots(4)$$

となり、この出力電圧 V_{02} により抵抗5を介して電流-電圧変換増幅手段3の入力端に流入する電流 I_c は、

$$I_c = V_{02}/R_c = -I_1 \cdot R_{f2}/(k \cdot R_c) \quad \dots\dots(5)$$

となる。いま、帰還抵抗9の抵抗値 R_{f2} と抵抗5の抵抗値 R_c とを

$$R_{f2}/R_c = k \quad \dots\dots(6)$$

の関係を満たすように選定すると、(5)式から、抵抗5を介して電流-電圧変換増幅手段3の入力端に流入する電流 I_c は、

$$I_c = -I_1 \quad \dots\dots(7)$$

となり、光電変換素子1からの光電流 I_1 を相殺し、電流-電圧変換増幅手段3に流入する電流を零にすることができる。但し、全ての帯域において電流を相殺すると、外乱光による直流成分、低周波成分のみならず、信号光による交流成分も失われてしまうので、本実施例では、帰還容量10によって外乱光による直流成分、低周波成分の電流だけを相殺するようにしている。すなわち第2図に示すように帰還容量10によって電流-電圧変換増幅手段4の周波数帯域(帯域幅 f_1)を信号光による交流成分の周波数帯域(帯域幅 f_2)に対して十分低く設定すれば、電流-電圧変換増幅手段4の出力電圧 V_{02} は、信号光による交流成分を含まず外乱光による直流成分、低周波成分だけのものとなり、従って抵抗5を介して電流-電圧変換増幅手段3に流入する電流 I_c も、直流成分、低周波成分だけのものとなる。これにより、光電変換素子1からの光電流 I_1 のうち直

流成分、低周波成分のものを電流 I_c により実質的に取除くことができる。このようにして電流・電圧交換増幅手段3の入力端には、光電流 I_1 のうち信号光による交流成分のもののみが、加わるので、電流・電圧交換増幅手段3は、この信号光による光電流だけをゲインを小さくする必要なく利得 R_{f1} で電流・電圧交換して出力することができるので、従来のものに比べて感度を著しく向上させることが可能となる。

また第1図の光検出装置において、光電変換素子2、電流・電圧交換増幅手段4、抵抗5が設けられておらず電流・電圧交換増幅手段3の入力端に抵抗5からの電流 I_c を流入させない場合には――（すなわち第3図に示すような従来の光検出装置と同様の構成では）、光電変換素子1に入射する光の光量は、電流・電圧交換増幅手段3の反転増幅器6の飽和出力電圧 V_{TH} によって制限される。

すなわち反転増幅器6を飽和させず動作させる限界の光電流 I_{1TH} は、

$$I_{1TH} = V_{TH} / R_{f1} \quad \dots\dots (8)$$

となる。

これに対して、本実施例のように光電変換素子1の受光面積 A に対して受光面積 B が $1/k$ だけ小さな光電変換素子2と、電流・電圧交換増幅手段4と、抵抗5とを設け、電流・電圧交換増幅手段3の入力端に抵抗5からの電流 I_c を流入させる場合には、電流 I_c を流入させない場合に比べてダイナミックレンジは著しく広がる。すなわち、電流・電圧交換増幅手段3の入力端に電流を流入させる場合には、ダイナミックレンジは、電流・電圧交換増幅手段4の反転増幅器8の飽和出力電圧によって決定される。反転増幅器8が反転増幅器6と同じ飽和出力電圧 V_{TH} をもっているとすると、反転増幅器8を飽和させずに正常に動作させる限界の光電流 I_{2TH} は、

$$I_{2TH} = V_{TH} / R_{f2} \quad \dots\dots (9)$$

となる。(9) 式を(8) 式と比較するとわかるように電流・電圧交換増幅手段4のダイナミックレンジは、電流・電圧交換増幅手段3単体のダイナミ

ックレンジに比べて、

$$(I_{1TH} \cdot R_{f1}) / (I_{2TH} \cdot R_{f2}) = k \cdot R_{f1} / R_{f2} \quad \dots\dots (10)$$

倍、増加することになる。例えば帰還抵抗値 R_{f1} 、 R_{f2} が同じ値であるとする、電流・電圧交換増幅手段4では飽和出力電圧 V_{TH} になるまでに k 倍の光量を入射させることができる。従って、電流 I_c を流入させないときの光量の限界値が例えば1000ルクスであったのを、1000kルクスの光量まで許容することができることになる。電流・電圧交換増幅手段4の出力がダイナミックレンジ内にある限り、電流・電圧交換増幅手段3には外乱光による直流成分、低周波成分の出力は現われないので、本実施例の光検出装置では電流 I_c を流入させないときに比べて、外乱光に対するダイナミックレンジを全体として $k \cdot R_{f1} / R_{f2}$ 倍にすることが可能となる。

また本実施例の装置は、第4図に示す従来の装置のような全体負帰還を有しておらず、外乱光の直流成分、低周波成分を負帰還しないので、装置

全体を安定して動作させることができる。

このように、本実施例の光検出装置では、外乱光に対するダイナミックレンジが大きくかつ交流変調光としての信号光に対する電流・電圧交換利得が大きいので、信号光とともに強い外乱光が入射したとしても、信号光による光信号のみを感度良く増幅することができて、これにより電流・電圧交換増幅手段3の後段に接続される信号処理回路を簡素化することが可能となり、全体の回路規模を小さくすることができる。

また全体負帰還しないことにより装置全体を安定して動作させることができるので、容量値 C_f を小さな値にしても良く、これにより容量10を光電変換素子1、2、反転増幅器6、8、抵抗7、9および信号処理回路（図示せず）とともに1つのモノリシックIC内に集積化して形成することができる。

なお、電流・電圧交換増幅手段3は、(3) 式乃至(7) 式の条件が満たされれば、外乱光の直流成分、低周波成分に対して全く応答しないが、光電

変換素子1, 2の面積比 A/B のずれ、あるいは低抵抗 R_{f2} 、 R_c の低抵抗比 R_{f2}/R_c のずれによって、電流-電圧変換増幅手段3が外乱光の直流成分、低周波成分に対し僅かに応答することもある。このために電流-電圧変換増幅手段3とこの後段の信号処理回路(図示せず)との間に結合容量を直列に接続し、電流-電圧変換増幅手段3から出力される恐れのある外乱光の僅かな直流成分、低周波成分を結合容量により取除いて後段の信号処理回路に入力させるようにしても良い。(発明の効果)

以上に説明したように、本発明によれば、第2の光電変換素子からの低周波の光電流だけに応答しこれを電圧に変換する第2の電流-電圧変換増幅手段と、第2の電流-電圧変換増幅手段からの出力電圧を電流に変換し、この電流を第1の光電変換素子からの光電流と相殺する方向で第1の電流-電圧変換増幅手段の入力端に流入させるようにしているので、第1の電流-電圧変換増幅手段において信号光による交流成分のみを安定した状

態で高感度に出力することができる。

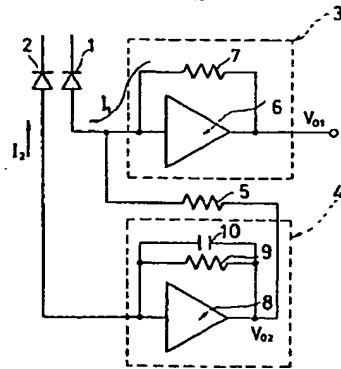
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る光検出装置の実施例の構成図、第2図は電流-電圧変換増幅手段の周波数応答特性を示す図、第3図および第4図はそれぞれ従来の光検出装置の構成図である。

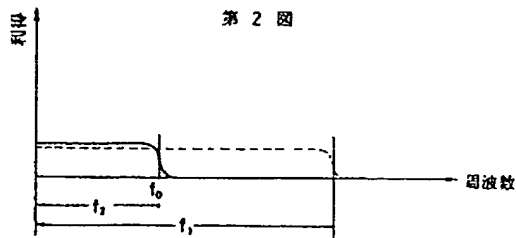
- 1, 2…光電変換素子、
3, 4…電流-電圧変換増幅手段、5…抵抗、
6, 8…反転増幅器、7, 9…帰還抵抗、
10…帰還容量、 f_0 …カットオフ周波数、
 f_1 , f_2 …周波数帯域幅

特許出願人 浜松ホトニクス株式会社
代理人 弁理士 植本 豊 治

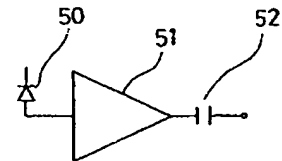
第1図



第2図



第3図



第4図

